

## Monitoring of drive control loops in computer-controlled machine tools or industrial robots

**Patent number:** DE3408173  
**Publication date:** 1985-09-12  
**Inventor:** GOSE HORST (DE); PAPIERNIK WOLFGANG DR (DE); REIMANN JUERGEN-ANDREAS (DE)  
**Applicant:** SIEMENS AG (DE)  
**Classification:**  
- international: **G05B19/19; G05B19/19; (IPC1-7): G05B19/405; G05B23/02**  
- european: G05B19/19  
**Application number:** DE19843408173 19840306  
**Priority number(s):** DE19843408173 19840306

[Report a data error here](#)

### Abstract of **DE3408173**

The invention relates to the dynamic control-loop monitoring in computer-controlled machine tools. Using a discreet point-to-point model (3) which is stored as differential equation in the computer (1), actual values (xist) are calculated and compared with the real actual values (xist). Deviations exceeding a particular tolerance band allow errors in the point-to-point section to be inferred.

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



Patentansprüche

1. Überwachung von Antriebsregelkreisen bei rechnergesteuerten Werkzeugmaschinen oder Industrierobotern, bei  
5 der Ist- und Sollwerte miteinander in Beziehung gesetzt sind, gekennzeichnet durch folgende Merkmale:
- a) es ist ein diskretes Streckenmodell (3) der betreffenden Regelstrecke (2) im Rechner (1) gespeichert;  
10
  - b) der aus dem Sollwert ( $x_{\text{Soll}}$ ) der Regelgröße der Regelstrecke resultierende tatsächliche Istwert ( $y_{\text{Ist}}$ ) der Regelgröße und der aus dem Sollwert ( $y_{\text{Soll}}$ ) der Regelgröße anhand des Streckenmodells geschätzte Istwert ( $\hat{y}_{\text{Ist}}$ ) sind zu diskreten Zeitpunkten miteinander  
15 vergleichbar,
  - c) eine Abweichung des tatsächlichen Istwertes ( $x_{\text{Ist}}$ ) vom geschätzten Istwert ( $\hat{x}_{\text{Ist}}$ ), die ein vorgegebenes Toleranzband ( $\epsilon$ ) überschreitet, dient als Indiz für  
20 einen Fehler.
2. Überwachung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß anhand von Teilmodellen der Strecke tatsächliche und geschätzte Istwerte der  
25 betreffenden Teilstrecke (5) miteinander auf Fehler vergleichbar sind.
3. Überwachung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß Sollwerte ( $x_{\text{Soll}}$ ) und  
30 errechnete zugehörige Istwerte ( $\hat{x}_{\text{Ist}}$ ) miteinander vergleichbar sind und auf eine vermeintliche Abweichung voneinander durch Veränderung der Geschwindigkeit der Sollwertvorgabe einregelbar sind.

05-00-04

2.

3408173

Siemens Aktiengesellschaft  
Berlin und München

Unser Zeichen  
VPA 84 P 3 0 7 7 DE

5 Überwachung von Antriebsregelkreisen bei rechnerge-  
steuerten Werkzeugmaschinen oder Industrierobotern

Die Erfindung bezieht sich auf eine Überwachung von An-  
triebsregelkreisen bei rechnergesteuerten Werkzeugma-  
10 schinen oder Industrierobotern, bei der Ist- und Soll-  
werte miteinander in Beziehung gesetzt sind.

Mit diesem Oberbegriff wird auf eine Überwachungsanord-  
nung Bezug genommen, wie sie beispielsweise aus der  
15 DE-AS 27 29 372 bekannt ist.

Es sind rechnergeführte numerisch gesteuerte Werkzeug-  
maschinen bekannt, bei denen von einem Lagemeßsystem in  
vorgegebenen Intervallen Teilistwerte erfaßt, in den  
20 Rechner eingegeben und zu einem Gesamtistwert summiert  
werden, der mit einem Lagesollwert verglichen wird, wo-  
bei der sich beim Vergleich ergebende Schleppabstand in  
einen zyklisch ausgegebenen Drehzahlsollwert für die An-  
triebseinheit umgesetzt wird. Um Störungen zu erfassen,  
25 wird überwacht, ob der Schleppabstand einen vorbestimm-  
ten Wert überschreitet; ferner wird auch noch überwacht,  
ob das Verhältnis von Drehzahlsollwert zu Teilistwert  
bestimmte Grenzen überschreitet (vgl. DE-AS 27 29 372).

30 Mit derartigen Überwachungen kann erfaßt werden, ob  
sich Istwerte zu weit von ihren zugehörigen Sollwerten  
entfernen, aber nicht oder nur sehr schwer, ob der tat-  
sächliche Istwert einen Verlauf im Hinblick auf eine  
Sollwertänderung hat, die mit dem zu erwartenden, d.h.  
35 im Regelfall gewünschten und für den Normalbetrieb re-

präsentativen zeitlichen Verlauf übereinstimmt.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine betriebsmäßige dynamische Überwachung der Antriebs-  
5 regelkreise zu schaffen, mit der sich auf einfache Weise erfassen läßt, ob sich die Istwerte zeitlich in vorgeschriebener Weise im Hinblick auf die entsprechenden Sollwerte ändern.

10 Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch folgende Merkmale gelöst:

- a) Es ist ein diskretes Streckenmodell der betreffenden Regelstrecke im Rechner gespeichert;
  - 15 b) der aus dem Sollwert der Regelgröße der Regelstrecke resultierende tatsächliche Istwert der Regelgröße und der aus dem Sollwert der Regelgröße anhand des Streckenmodells geschätzte zugehörige Istwert sind zu diskreten Zeitpunkten miteinander vergleichbar,  
20 und
  - c) eine Abweichung des tatsächlichen Istwertes vom geschätzten Istwert, die ein vorgebbares Toleranzband überschreitet, dient als Indiz für einen Fehler.
- 25 Auf diese Weise können Fehler im Antriebssystem, z.B. ein unzulässig abgenutztes Lager oder ein Fehler im Wegmeßsystem, erkannt und ein entsprechendes Störsignal ausgegeben werden.
- 30 Wie bemerkt, ist das Systemmodell als Differenzengleichung im Rechner hinterlegt, wobei die Modellordnung der gewünschten Modellgenauigkeit anzupassen ist. Die Differenzengleichung kann bei Systemen mit konstanten Parametern, wie z.B. Werkzeugmaschinen, einmal bei der Inbetriebnahme-  
35 triebnahme (z.B. nach der Methode der kleinsten Quadrate) bestimmt werden. Falls das System zeitveränderliche Parameter enthält, wie z.B. bei Robotern

4  
- 3 - VPA 84 P 3 0 7 7 DE

durch deren veränderliche Ausladung, kann das Modell durch ein on-line-Identifikationsverfahren fortlaufend korrigiert werden. Die ermittelten Parameter sind dann ständig einer Plausibilitätskontrolle zu unterziehen  
5 (z.B. Überwachung auf Grenzwerte).

Mit der vorstehend beschriebenen Methode ist nicht nur eine Systemüberwachung möglich, sondern es ist auch eine betriebsmäßige Eingrenzung des Fehlers möglich. Sei z.B.  
10 angenommen, daß in einem kaskadierten Lagedrehzahlregelsystem ein Fehler im Gesamtsystem erkannt wird, so kann dann anhand eines Streckenteilmodells der Drehzahlregelstrecke auch ermittelt werden, ob der Fehler in diesem Teil liegt. Auf diese Weise kann eine Systemdiagnose,  
15 z.B. von entfernten Leitzentralen her, vorgenommen werden.

Da das Modell die Strecke dynamisch nachbildet, kann das Modell auch zur Konturenüberwachung verwendet werden, d.h. zur Überwachung, ob die Bahn des Werkzeuges  
20 am zu fertigenden Werkstück innerhalb eines vorgeschriebenen Toleranzbandes verläuft.

Regelungstechnisch wird dies dadurch erreicht, daß entweder das Programm vorab simuliert wird, oder jeweils  
25 betriebsmäßig kurz vorher - schneller als in Echtzeit - simuliert wird und überprüft wird, ob der zu erwartende Istwert zu weit vom gewünschten Sollwert abweicht. Falls dies der Fall sein sollte, kann dann z.B. in der nach-  
30 folgenden wirklichen Bearbeitung an den betreffenden Stellen die Bahngeschwindigkeit verringert werden.

Anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels sei die Erfindung näher erläutert;  
35 es zeigen:

Figur 1 ein Schaltbild der Überwachungsanordnung, und  
Figur 2 den zeitlichen Ablauf der Überwachung.

Bei der in Figur 1 schematisch umrandet gezeichneten Regelstrecke 2 werden Lagesollwert  $x_{\text{Soll}}$ , der aus einer Rechnersteuerung 1 stammt und Lageistwert  $x_{\text{St}}$ , der von einem mit dem Antriebsmotor 25 gekuppelten Wegistgeber 5 27 stammt, miteinander in einem Lageregler 21 verglichen und zur Bildung des Drehzahlsollwertes  $n_{\text{Soll}}$  benutzt. Dieser Drehzahlsollwert  $n_{\text{Soll}}$  dient zusammen mit dem vom Geber 27 ebenfalls abgeleiteten Drehzahlwert  $n_{\text{ist}}$  zur Bildung des Stromsollwertes  $i_{\text{Soll}}$  im Drehzahlregler 10 22. Stromsollwert  $i_{\text{Soll}}$  und Stromwert  $i_{\text{ist}}$  im Ankerkreis der Maschine 25 werden miteinander verglichen und in einem Stromregler 23 zur Bildung des Steuersignals für ein Thyristorstellglied 24 benutzt, das seinerseits die Maschine 25 entsprechend speist. Die Maschine 25 15 dient z.B. zum Vorschub eines schematisch angedeuteten Werkzeugschlittens 26.

Regelstrecken mit derartigen kaskadierten Regelkreisen unter Einbeziehung einer Rechnersteuerung sind bekannt 20 (vgl. z.B. die DE-AS 27 29 372), wobei in diesem Zusammenhang noch bemerkt sei, daß nur der Einfachheit halber Teile der Strecke, wie Lageregler und Drehzahlregler, als diskrete Bausteine dargestellt sind. In Wirklichkeit können auch diese Bausteine im Rechner 1 25 integriert sein.

Zusätzlich ist noch in der Rechnersteuerung 1 ein Modell der eingangs beschriebenen Regelstrecke 2 gespeichert. Dieses Modell 3 ist der Anschaulichkeit halber besonders 30 herausgezeichnet. Wie ersichtlich, wird diesem Modell der Regelstrecke ebenfalls der jeweilige Lagesollwert  $x_{\text{Soll}}$  zugeführt. Anhand des Modells 3 der Regelstrecke wird hieraus der zu erwartende Istwert 1  $x_{\text{ist}}$  berechnet, und zwar z.B. nach folgender Beziehung:

$$35 \hat{x}_{\text{ist}}(k) = ax_{\text{ist}}(k-1) + bx_{\text{Soll}}(k-1)$$

wenn die Regelstrecke durch ein Verzögerungsglied erster

- 5 - 6.

VPA 84 P 3 0 7 7 DE

Ordnung approximiert wird.

Hierbei ist mit  $k$  der Wert zum diskreten Zeitpunkt und mit  $k-1$  der betreffende Wert zum diskreten Abtastzeitpunkt vorher bezeichnet. Die Größen  $a$  und  $b$  sind Parameter, die sich aus dem jeweiligen System ergeben.

In Worten ausgedrückt: es wird also der jeweils zu erwartende Istwert aus dem Istwert zum vorhergehenden Abtastzeitpunkt und dem vorliegenden Sollwert zum vorhergehenden Abtastzeitpunkt bestimmt.

Dieser berechnete (geschätzte) Istwert  $\hat{x}_{ist}$  wird mit dem zugehörigen tatsächlichen Istwert  $x_{ist}$  in einem Baustein 4 verglichen und festgestellt, ob die Differenz innerhalb eines vorgeschriebenen Toleranzbandes der Breite  $\epsilon$  liegt. Falls der tatsächliche Istwert und der zu erwartende Istwert zu weit auseinanderklaffen, wird, wie durch die Leuchte 41 angedeutet, ein Fehlersignal ausgegeben. Gleichzeitig wird dieser Fehler über die Leitung 42 in die Rechnersteuerung 1 zurückgemeldet und für weitere Überwachungs- und Diagnosemaßnahmen benutzt.

Falls die Abweichung kleiner als ein vorgeschriebenes Toleranzband  $\epsilon$  ist, so werden in nachfolgenden Schritten die Rechenwerte aktualisiert und erneut wieder der nächste zu erwartende Istwert berechnet. Der zeitliche Ablauf dieses Verfahrens ist aus Figur 2 nochmals ersichtlich.

30

Wie bereits bemerkt, kann die vorstehend beschriebene Überwachung nicht nur zur Aufdeckung von Fehlern im Gesamtsystem während des Betriebes verwendet werden, sondern auch um betriebsmäßig eine Diagnose durchzuführen. Beispielsweise ist es möglich, wie durch das Bezugszeichen 5 angedeutet, ein Teilmodell der Dreh-



08-03-84

2.

3408173

- 6 -

VPA 84 P 3 0 7 7 DE

zahlregelstrecke herzustellen und hier das Verhältnis  
vom geschätzten  $\hat{n}_{ist}$  zum tatsächlichen Istwert  $n_{ist}$ .  
ebenfalls zu überprüfen.

5 3 Patentansprüche

2 Figuren

- 8.  
- Leerseite -

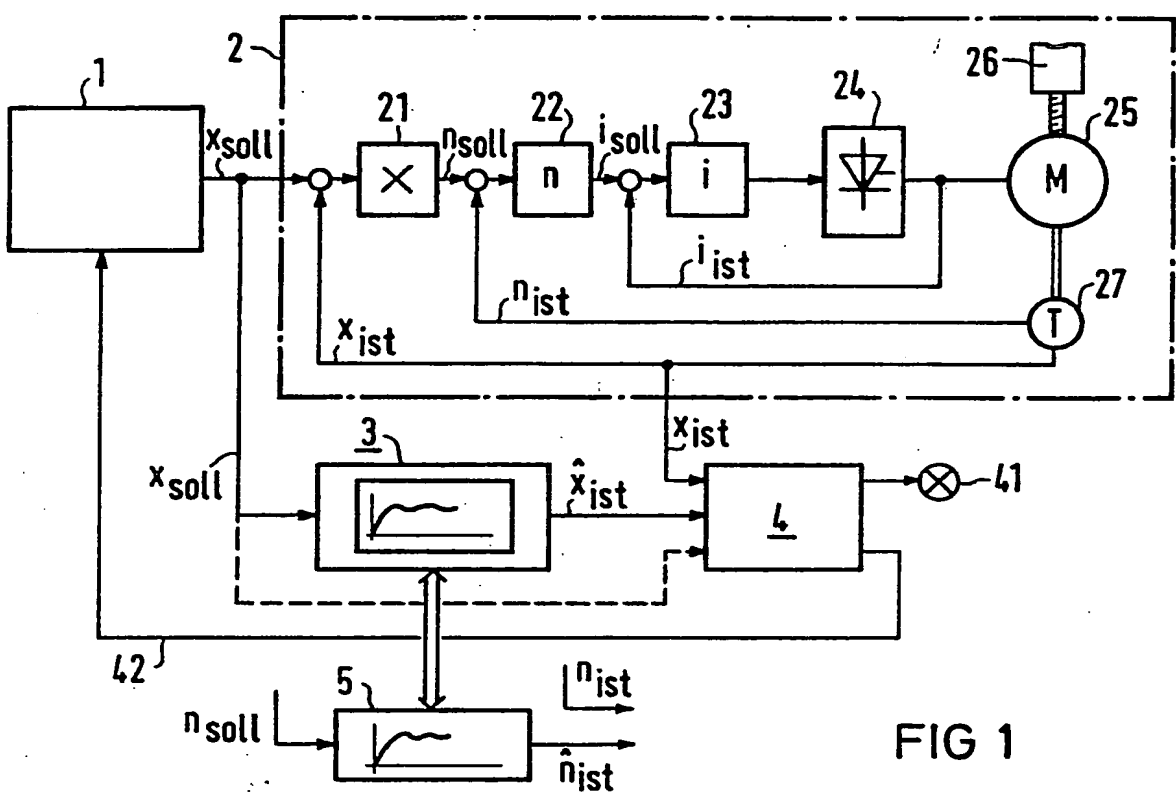


FIG 1

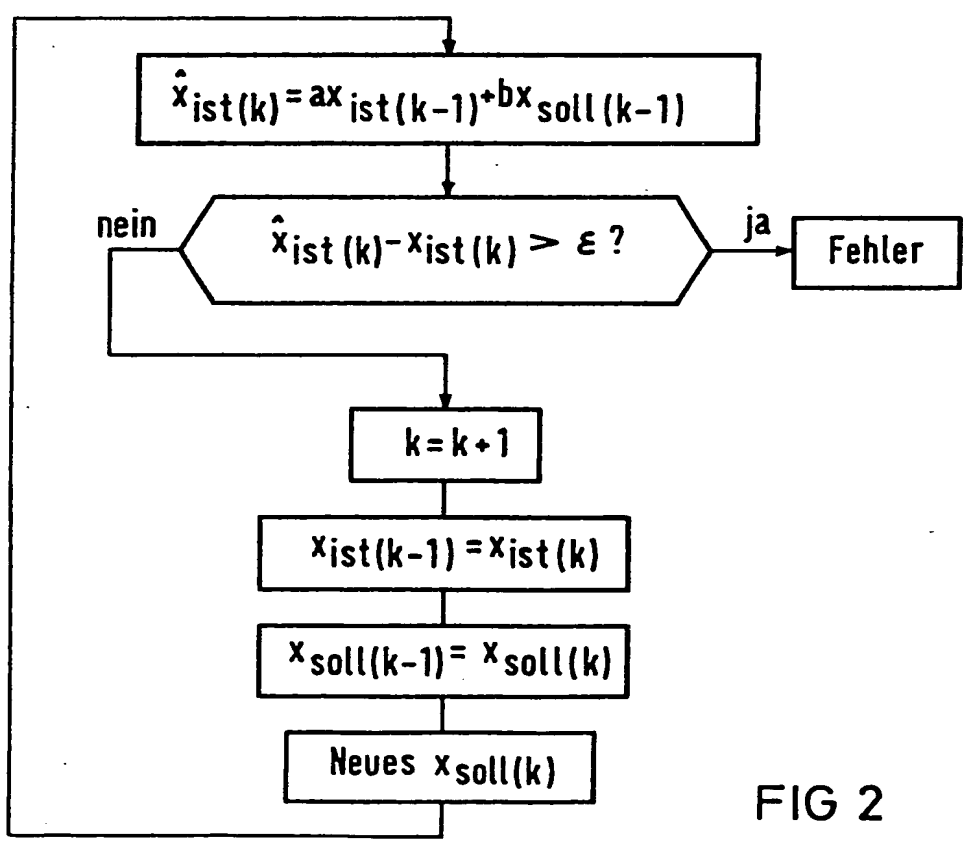


FIG 2